

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Medicina Dentária



**COMPARAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA DIMENSÃO DAS  
ABERTURAS CORONÁRIAS NA RESISTÊNCIA À FRATURA**

**João Gil Lima Baia e Messias de Moraes**

Dissertação orientada

Pelo Prof. Doutor António Ginjeira

Dissertação coorientada

Pela Prof. Doutora Sofia Arantes e Oliveira

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2017



**Agradecimentos**

Muito obrigado!



## RESUMO

**Objetivo:** Este estudo *in vitro* pretende avaliar se o tamanho das aberturas coronárias, influencia a resistência do dente à compressão, bem como avaliar a sua restaurabilidade após fratura.

**Materiais e Métodos:** 40 pré-molares íntegros e hígidos foram divididos aleatoriamente em 2 grupos: Grupo A - aberturas coronárias convencionais (ACC), Grupo B - aberturas coronárias ultraconservadoras (ACU). Após medição de todas as peças dentárias foram executadas as aberturas coronárias e montagem em resina acrílica de forma normalizada. Os espécimes foram armazenados a 37°C durante 24 horas, em estufa, sendo posteriormente sujeitos a cargas de compressão contínuas (máquina de testes universal-Instron 4500) com uma célula de carga de 1000N e uma velocidade de 1mm/min. Os valores de resistência à compressão foram comparados com um teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney, e a restaurabilidade das peças dentárias foi analisada com o teste não paramétrico de Qui-quadrado. O nível de significância foi estabelecido a 0,05.

**Resultados:** Não se encontraram diferenças nas médias das dimensões dos dentes entre os dois grupos experimentais. Os valores de resistência à fratura após compressão foram significativamente mais elevados nos espécimes do Grupo B ( $p < 0,05$ ). A restaurabilidade foi de 100% no grupo B (ACU) e apenas 66,6% no grupo A (ACC). Da análise da capacidade de restaurabilidade verificou-se que todos os espécimes do grupo B foram considerados como restauráveis, o que foi estatisticamente diferente do grupo A ( $p < 0,05$ ).

**Conclusões:** De acordo com este estudo *in vitro* os espécimes com abertura coronária ultraconservadora apresentam valores de resistência à fratura após compressão mais elevados assim como maior restaurabilidade do que os espécimes com abertura coronária convencional.

**Palavras-chaves:** Pré-molares; Abertura coronária endodôntica; Endodontia minimamente invasiva; Preservação de estrutura dentinária.



## ABSTRACT

**Objective:** This in vitro study intends to evaluate if the size of the coronary openings influences the resistance of the tooth to compression, as well as to evaluate its restorability after fracture.

**Materials and Methods:** 40 intact and healthy premolars were randomly divided into 2 groups: Group A - conventional coronary openings (ACC), Group B - ultraconservative coronary openings (ACU). After measurement of all teeth, the coronary opening and acrylic resin assembly were performed in a standardized way. The specimens were stored at 37 ° C for 24 hours in an incubator and subsequently subjected to continuous compression loads (Universal Testing Machine - Instron 4500) with a 1000N load cell and a speed of 1mm/min. Compressive strength values were compared with non-parametric Wilcoxon-Mann-Whitney test, and dental restorability was analyzed using the non-parametric Chi-square test. The level of significance was set at 0.05.

**Results:** No differences were found in the means of tooth dimensions between the two experimental groups. The values of fracture resistance after compression were significantly higher in specimens from Group B ( $p < 0.05$ ). The restorability was 100% in group B (ACU) and only 66.6% in group A (ACC). From the analysis of the restorability capacity it was verified that all the specimens of group B were considered as restorable, which was statistically different from group A ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** According to this in vitro study, the specimens with ultraconservative coronary access yielded higher values of fracture resistance after compression, as well as greater restorability than the specimens with conventional coronary access.

**Key-words:** Premolars; Endodontic coronary opening; Minimally invasive endodontics; Preservation of dentin structure.





## Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	iii
<i>Abstract</i> .....	v
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas.....	x
Lista de Abreviaturas.....	xi
1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	5
3. Materiais e Métodos.....	7
3.1. Coleta e seleção da amostra.....	7
3.2. Preparação dos espécimes.....	8
3.2.1. Aberturas coronárias.....	9
3.2.2. Colocação de cera espaçadora.....	10
3.2.3. Inclusão dos dentes em resina.....	11
3.2.4. Substituição de cera espaçadora por elastômero.....	13
3.3. Testes de compressão.....	14
3.4. Análise Estatística.....	16
4 –Resultados.....	17
5 –Discussão.....	19
6 –Conclusões.....	23
7 –Referências Bibliográficas.....	25
Anexo – Tabelas.....	I



## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Seleção dos dentes para o estudo com recurso a uma lupa (5X/20D/140 c/ iluminação Eschenbach).....	6
<b>Figura 2:</b> Radiografia mesio/distal anterior à abertura coronária.....	8
<b>Figura 3:</b> Radiografia mesio/distal após ACC.....	8
<b>Figura 4:</b> Radiografia oclusal após ACC.....	8
<b>Figura 5:</b> Radiografia mesio/distal anterior à abertura coronária.....	8
<b>Figura 6:</b> Radiografia mesio/distal após ACU.....	8
<b>Figura 7:</b> Radiografia oclusal após ACU.....	8
<b>Figura 8:</b> Fotografia oclusal após ACC.....	9
<b>Figura 9:</b> Fotografia oclusal após ACU.....	9
<b>Figura 10:</b> Criação de espaçador de cera com 0,25mm em torno da raiz. Colocação de 20 dentes num suporte (A). Colocação da raiz dos dentes em cera liquefeita (B). Cera rosa em torno da raiz do dente (C). Espécimes com espaçador de cera (D).....	10
<b>Figura 11:</b> Montagem dos dentes na placa de vidro. Placa de vidro com as agulhas aderidas com cera colante (A). Espécime montado na agulha inserido pelo ápex (B). Espécimes já com espaçador de cera montados na placa de vidro (C, D).....	11
<b>Figura 12:</b> Analisador de Ney (J. M. Ney Co).....	11
<b>Figura 13:</b> Vista oclusal de dente montado sobre agulha suporte com anel plástico que serviu de matriz para a inclusão em resina acrílica.....	12
<b>Figura 14:</b> Vista lateral de dente montado sobre agulha com anel plástico que serviu de matriz para a polimerização da resina acrílica.....	12
<b>Figura 15:</b> <i>Memosil® 2</i> (Heraus Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha; lote No 405029)..	13
<b>Figura 16:</b> Cilindro de resina com espaçamento de silicone.....	13
<b>Figura 17:</b> Espécimes armazenados em humidade relativa de 100%.....	14
<b>Figura 18:</b> Máquina de testes universal (Instron - 4500).....	14
<b>Figura 19:</b> Dispositivo adaptado à base da máquina de testes universal (instron 4500) para fixação dos espécimes(A). Ponta esférica de 6,28mm de diâmetro (B). Bola esférica em contacto simultâneo com as duas cúspides do espécime (C).....	15
<b>Figura 20:</b> Espécime fraturado após teste de carga de compressão.....	15
<b>Figura 21:</b> Espécime fraturado após teste de carga de compressão.....	15

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Valores das médias das dimensões dos dois grupos.....	17
<b>Tabela 2:</b> Valores médios e desvio-padrão de resistência à fratura nos dois grupos experimentais. Letras em superscript diferentes significam diferenças estatisticamente significativas.....	17
<b>Tabela 3:</b> Número de espécimes que permaneceram restauráveis (“Sim”) ou não restauráveis (“Não”).....	18
<b>Tabela A.1</b> – Análise descritiva dos dados obtidos após teste de resistência à fratura com forças de compressão.....	I
<b>Tabela A.2</b> - Número de espécimes em cada grupo experimental que foram considerados restauráveis “Sim” ou não restauráveis “Não”.....	I
<b>Tabela A.3</b> – Testes Kolmogorov-Smirnov para avaliação de normalidade de distribuição dos dados.....	II
<b>Tabela A.4</b> – Testes de Levene para avaliação de homogeneidade da variância.....	II
<b>Tabela A.5</b> – Teste de Mann-Whitney para análise dos valores de resistência à fratura nos dois grupos.....	II
<b>Tabela A.6</b> – Teste de Qui-quadrado para comparação da restaurabilidade entre grupos experimentais.....	III

## **Lista de Abreviaturas**

### **Abreviaturas**

ACC - Abertura coronária convencional

ACU - Abertura coronária ultraconservadora

JAC - Junção amelo-cementária

### **Símbolos**

% - Percentagem

$n$  – Tamanho da amostra por grupo

$p$  – Nível de significância

$\alpha$  – Significância estatística

U- Valor do teste Mann-Whitney

$r$  – Valor do teste qui-quadrado

### **Unidades**

mm – Milímetros – unidade de medida

mm/min – Velocidade em milímetros por minuto

N – Newton – unidade de medida



## 1. Introdução

A preservação a longo prazo de dentes saudáveis deve ser um dos objetivos do médico dentista, assim como prevenir a ocorrência de patologias na cavidade oral e/ou interceptar o seu progresso (Murdoch-Kinch 2003; Gluskin et al. 2014; Mathew & Rajan 2014).

Muitas vezes existe a necessidade de recorrer a materiais para substituir o tecido dentário, devendo estar sempre presente o objetivo de remover o mínimo possível de estrutura dentária (Mathew & Rajan 2014). Segundo Clark e Khademi, a conservação da estrutura dentária (dentina e esmalte) são o melhor e único método comprovado para manter a resistência à fratura de um dente com tratamento endodôntico, sendo que nenhum material ou técnica artificial podem compensar a estrutura dentária perdida aquando do acesso coronário (Gluskin et al. 2014; Yuan et al. 2016; Clark & Khademi 2010).

A endodontia tem como objetivo preservar os dentes em função, sem prejuízo para a saúde do paciente, e como preocupação a prevenção e tratamento de lesões ou doenças pulpares (Sociedade Europeia de Endodontia – guidelines 2006). As indicações para se proceder a um tratamento endodôntico englobam dentes com a polpa irreversivelmente danificada ou necrótica com ou sem achados clínicos e/ou radiológicos de periodontite apical, e em situações de necessidade de restauração em que se sabe à partida que irá ocorrer exposição pulpar. No entanto, segundo a Sociedade Europeia de Endodontia, o tratamento dos canais radiculares tem como principal finalidade restaurar os tecidos periradiculares, sendo assim a periodontite apical a principal indicação para a endodontia (Sociedade Europeia de Endodontia – guidelines 2006).

O tratamento endodôntico clássico passa pela remoção de todo o tecido pulpar e radicular, instrumentação e obturação dos canais radiculares com materiais inertes (Yuan et al. 2016; Gluskin et al. 2014). Recentes desenvolvimentos a nível dos instrumentos, materiais e técnicas têm existido no sentido de melhorar a qualidade do tratamento endodôntico (Wu et al. 2010).

Antes de avançar para um tratamento endodôntico o médico dentista deve garantir que o dente está livre de lesões de cárie e de fraturas que comprometam a permanência e longevidade em função (Carrotte 2005). Em alguns casos é necessário colocar uma restauração, dita, pré-endodôntica ou provisória para ajudar na colocação do dique que

fornece um reservatório para a solução de irrigação e permite um isolamento do campo operatório (Patel & Rhodes 2007).

Os princípios da endodontia destinam-se a eliminar todas as bactérias do dente e a tentar manter o dente desinfetado, sendo necessária uma restauração provisória e temporária inter-sessões de endodontia de forma a impedir a entrada adicional de bactérias durante e após o tratamento (Jensen et al. 2007).

A abertura coronária é a primeira e mais importante fase do tratamento endodôntico. Sendo um dos aspetos mais desafiadores e frustrantes do tratamento endodôntico, é a chave para o sucesso e longevidade de retenção da restauração, e um pré-requisito para um bom prognóstico endodôntico (Patel & Rhodes 2007; Yuan et al. 2016; Hargreaves et al. 2011; Zehnder et al. 2016; Clark & Khademi 2010).

Para se conseguir um acesso aos canais radiculares é feita uma trepanação que remove completamente o esmalte e a dentina em direção apical, envolvendo a utilização de vários instrumentos que alteram e reajustam a forma da abertura coronária, reduzindo significativamente a resistência do dente (Wu et al. 2010; Carrotte 2005).

O tecido duro que envolve a polpa dentária pode ter uma variedade de configurações e uma radiografia periapical permite avaliar a posição, o tamanho, a profundidade e forma da câmara pulpar, posição dos cornos pulpares, número de raízes e a sua curvatura (Patel & Rhodes 2007). Após essa avaliação é mais simples planejar o desenho da abertura coronária adequada, imprescindível para a qualidade do tratamento endodôntico, prevenção de problemas iatrogénicos e prevenção de falhas (Patel & Rhodes 2007).

Segundo a experiência clínica dos autores Clark e Khademi sobre falhas dos tratamentos endodônticos, com *flow-ups* de 20 e 40 anos, os casos que parecem ter mais disposição para falhar a longo prazo são situações em que o tratamento endodôntico se apresenta radiograficamente com alta qualidade, mas em que a abertura coronária é demasiado invasiva. Isto indica-nos que a preservação de dentina ultrapassa a qualidade da endodontia em termos de longevidade do tratamento endodôntico (Clark & Khademi 2010).

Quando faz uma abertura coronária, o clínico deve encontrar um equilíbrio entre a forma de conveniência adequada e a remoção excessiva de estrutura dentária, sabendo que a abertura coronária convencional afeta a rigidez dentária em cerca de 5% (Hargreaves et al. 2011; Yuan et al. 2016; Clark & Khademi 2010).



Fraturas após tratamento endodôntico são um problema comum na prática clínica, sendo a terceira maior causa de perdas dentárias a seguir à cárie e doença periodontal (Kishen 2006). Genericamente um dente é restaurável quando existe um mínimo de 2mm entre a margem da estrutura dentária remanescente e a crista alveolar, o que corresponde aproximadamente ao “espaço livre biológico” que não deve ser invadido de forma a evitar ocorrência de inflamação e perda óssea (Lindhe et al. 2010; Kishen 2006; Hargreaves et al. 2011).

De todos os dentes, os pré-molares são os mais propensos a fraturas após tratamento endodôntico (Krishan et al. 2014; Touré et al. 2011). A maioria dos pré-molares superiores têm dois canais radiculares, independentemente do número de raízes e a câmara pulpar destes dentes é mais larga no sentido vestibulo-palatino do que no mesio-distal, sendo que o acesso coronário deve ser oval ou em fenda, mais largo no sentido vestibulo-palatino do que no sentido mesio-distal (Ingle et al. 2002; Hargreaves et al. 2011).

O primeiro pré-molar superior é suscetível a fraturas da raiz no sentido mesio-distal e a fraturas na base da cúspide particularmente da cúspide vestibular (Hargreaves et al. 2011).

Os desenhos das aberturas coronárias convencionais permaneceram inalterados durante décadas com apenas algumas modificações, como a “forma de conveniência” e “extensão para prevenção” (Krishan et al. 2014). O principal objetivo para desenvolver um novo desenho do acesso coronário é evitar o potencial de fratura de um dente com tratamento endodôntico (Clark & Khademi 2010) uma vez que a fratura da estrutura dentária dificulta a restauração e muitas vezes leva a cirurgia ou extração do dente. (Steele & Johnson 1999)

A endodontia ultraconservadora é uma filosofia de cuidado profissional que enfatiza a preservação da máxima quantidade possível de estrutura dentária saudável, respeitando o tecido original do dente (Krishan et al. 2014; Bürklein & Schäfer 2015; Yuan et al. 2016).

Com o estudo de Yuan em 2016, ficou comprovado que existem concentrações de tensões nas margens oclusais das aberturas coronárias, sendo que, segundo o mesmo autor, as áreas de alto risco para a fratura de uma abertura coronária minimamente invasiva serão menores do que de uma abertura coronária convencional (Yuan et al. 2016).

### **Comparação da influência da dimensão das aberturas coronárias na resistência à fratura**

Recentemente tem sido descrita na literatura uma técnica de abertura coronária conservadora, em que é mantida parte da dentina peri-cervical e do teto da câmara pulpar, permitindo preservar maior quantidade de estrutura dentária (Plotino et al. 2017).

As aberturas coronárias ultraconservadoras (ACU) melhoram a resistência do dente à fratura, apresentando estes padrões de fratura menos catastróficos quando comparados com dentes com aberturas convencionais (Krishan et al. 2014).

Até ao momento há poucos estudos que comparem aberturas coronárias convencionais com aberturas coronárias ultraconservadoras (Plotino et al. 2017). Como tal, tem interesse comparar a influência da dimensão das aberturas coronárias na fratura de pré-molares quando submetidos a forças de compressão no sentido ocluso-apical.

## **2. Objetivos**

A elaboração deste estudo laboratorial tem como objetivo comparar a resistência de pré-molares com duas técnicas diferentes de aberturas coronárias, convencional (ACC) e ultraconservadora (ACU) quando sujeitos a uma carga de compressão contínua.

Este objetivo foi conseguido através dos seguintes objetivos específicos:

1. Comparar a influência da dimensão da abertura coronária na resistência à fratura de pré-molares através da aplicação de carga contínua de 1000N.

$H_0$ : A resistência à fratura não depende da dimensão da abertura coronária.

$H_1$ : A resistência à fratura depende da dimensão da abertura coronária.

2. Comparar a influência da dimensão da abertura coronária na restaurabilidade de pré-molares após serem submetidos a cargas contínuas de 1000N.

$H_0$ : A restaurabilidade não depende da dimensão da abertura coronária.

$H_1$ : A restaurabilidade depende da dimensão da abertura coronária.



### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Coleta e seleção da amostra

Para a realização deste estudo foram utilizados 40 pré-molares, armazenados em Cloramina T a 0,5% e uma temperatura de 4°C por um período máximo de 6 meses. A recolha dos dentes foi realizada sem identificação dos dadores, sendo aprovada pela comissão de ética da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa.

A análise dos dentes foi auxiliada pela utilização de uma lupa (5X/20D/140 c/ iluminação Eschenbach)(Fig.1). Foram selecionados apenas dentes intactos com uma ou duas raízes, ápex completamente formado e sem sinais visíveis de linhas de fratura, lesões de cárie, fissuras ou restaurações, sendo a presença de qualquer um destes um critério de exclusão para os dentes a testar (Plotino et al. 2017).

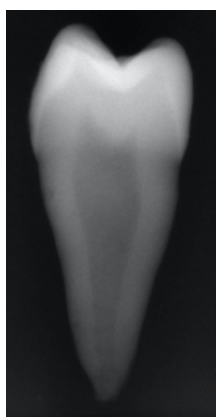
Após a seleção foram armazenados em água destilada à temperatura ambiente até à sua preparação (Pradeep et al. 2013; Plotino et al. 2017; Ibrahim et al. 2016; Wu et al. 2010).



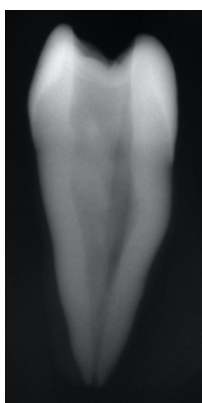
**Figura 1:** Seleção dos dentes para o estudo com recurso a uma lupa (5X/20D/140 c/ iluminação Eschenbach)

### 3.2. *Preparação dos Espécimes*

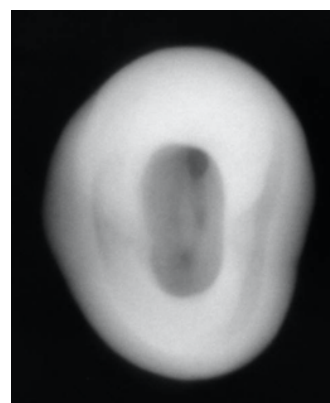
Os 40 dentes foram distribuídos aleatoriamente em 2 grupos (20 dentes cada grupo), o grupo “A” em que foi realizada uma abertura coronária convencional (ACC) e o grupo “B” com uma abertura coronária ultraconservadora (ACU). Todos os dentes foram medidos utilizando uma craveira digital (Limit; Digital Caliper 150mm. Code No:19014-0103; Serial No:096541) e foram registados os valores em milímetros das dimensões: altura total, altura da cúspide vestibular, largura mesio-distal e vestibulo-palatina (Plotino et al. 2017; Ibrahim et al. 2016). Foram realizadas fotografias e radiografias a todos os dentes por oclusal e mesio/distal, recorrendo a um método paralelométrico, antes a após as aberturas coronárias (Fig. 2 – Fig.9) (Plotino et al. 2017; Ibrahim et al. 2016; Mannan et al. 2001).



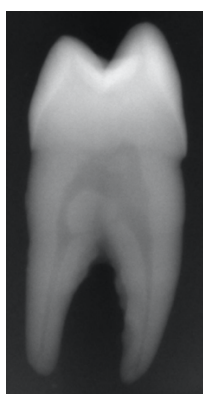
**Figura 2:** Radiografia mesio/distal anterior à abertura coronária.



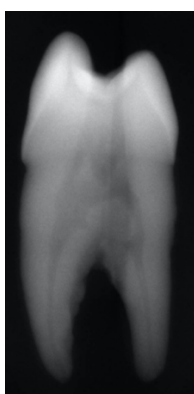
**Figura 3:** Radiografia mesio/distal após ACC.



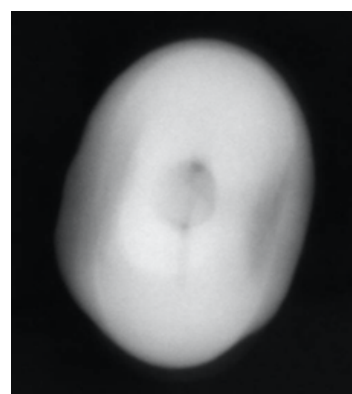
**Figura 4:** Radiografia oclusal após ACC.



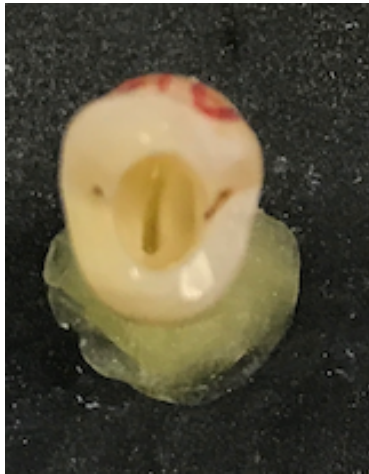
**Figura 5:** Radiografia mesio/distal anterior à abertura coronária.



**Figura 6:** Radiografia mesio/distal após ACU.



**Figura 7:** Radiografia oclusal após ACU.



**Figura 8:** Fotografia oclusal após ACC.



**Figura 9:** Fotografia oclusal após ACU.

### 3.2.1 *Aberturas Coronárias*

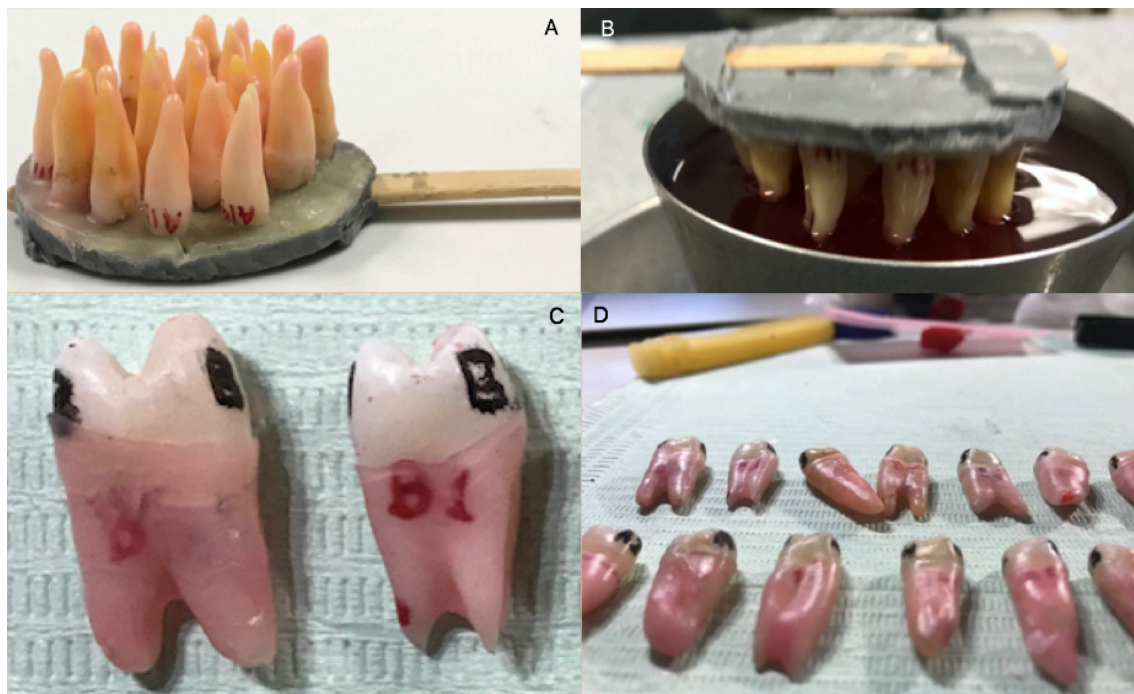
Logo após a distribuição dos dentes pelos dois grupos foram realizadas as aberturas coronárias. Foi marcado com uma caneta de acetato o “ponto de eleição” na face oclusal dos dentes, por serem pré-molares este foi marcado no centro da face oclusal no sentido mesio-distal e em cima da fissura central, sendo este o ponto mais perto entre a face oclusal e o teto pulpar. De seguida, utilizando uma broca esférica de turbina (diamantada nr:2) montada em uma peça de mão de alta rotação com refrigeração, efetuou-se a trepanação que consiste na remoção de esmalte e dentina até estabelecer uma comunicação entre a superfície oclusal e a câmara pulpar, havendo uma sensação de “cair no vazio” ao se atingir a câmara pulpar. Nos dentes do grupo A (ACC) utilizou-se ainda uma broca Endo-Z que permitiu a remoção do restante teto da camara pulpar, cornos pulpares e estabelecer uma “forma final de contorno” com as paredes da cavidade paralelas e regulares, sendo a dimensão da abertura coronária igual à da camara pulpar. Utilizando uma sonda reta (DG16) foi explorada a entrada dos canais e confirmado o acesso em linha reta (Ibrahim et al. 2016; Plotino et al. 2017; Hargreaves et al. 2011). No grupo B (ACU) foram seguidas as mesmas referências para a fase de trepanação, utilizando-se a mesma broca esférica de turbina (diamantada nr:2) montada em uma peça de mão de alta rotação com refrigeração. Após o acesso entre a face oclusal e a câmara pulpar estar estabelecido foi utilizada uma sonda reta (DG16) para explorar a entrada dos

### Comparação da influência da dimensão das aberturas coronárias na resistência à fratura

canais. Quando estes não eram encontrados, utilizou-se uma broca Endo-Z, mas ao contrário do grupo anterior esta broca não serviu para dar uma ampla “forma final de contorno” com a mesma dimensão da câmara pulpar, mas sim remover o mínimo indispensável até se conseguiu localizar a entrada dos canais, mantendo a dimensão da abertura coronária em oclusal e apenas removendo projeções de dentina na câmara pulpar (Hargreaves et al. 2011). Com uma lima K nº 8 verificou-se que se conseguiu atingir os ápex em todos os canais de cada dente (Ibrahim et al. 2016; Plotino et al. 2017; Hargreaves et al. 2011).

#### 3.2.2. Colocação da cera espaçadora

De forma a criar um espaçador nas raízes dos dentes, foi aquecida cera rosa num godê metálico com uma lamparina e a raiz dos dentes foi mergulhada na cera liquefeita e arrefecendo ao ar, o que permitiu que a espessura da camada de cera que solidificou em torno das raízes fosse uniforme.

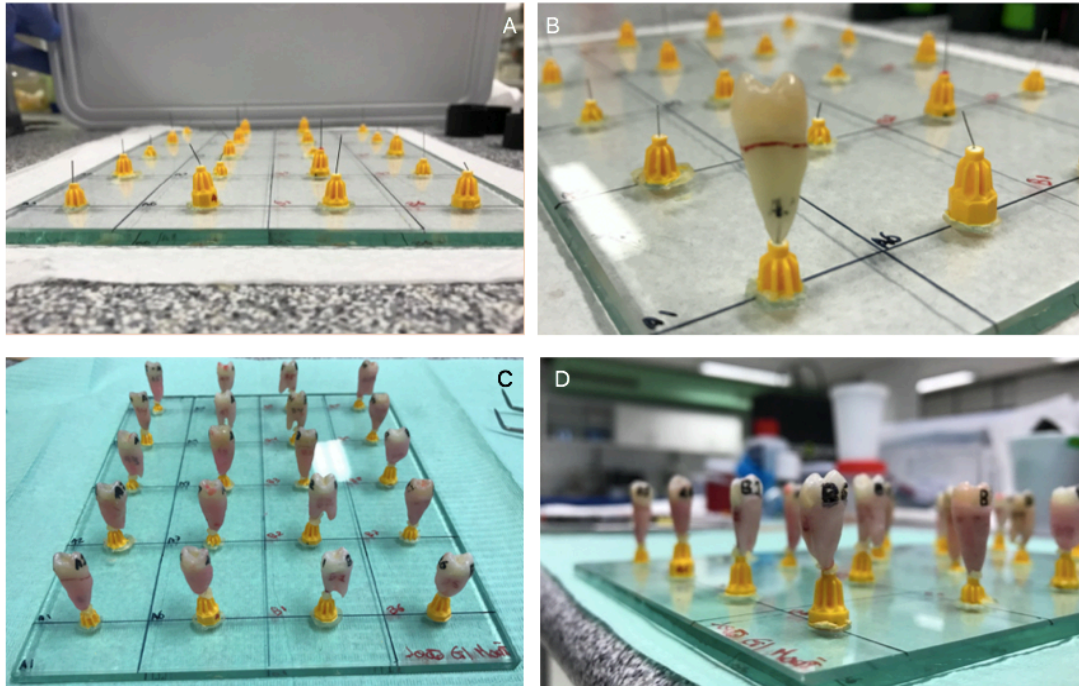


**Figura 10:** Criação de espaçador de cera com 0,25mm em torno da raiz. Colocação de 20 dentes num suporte (A). Colocação da raiz dos dentes em cera liquefeita (B). Cera rosa em torno da raiz dos dentes (C). Espécimes com espaçador de cera (D).



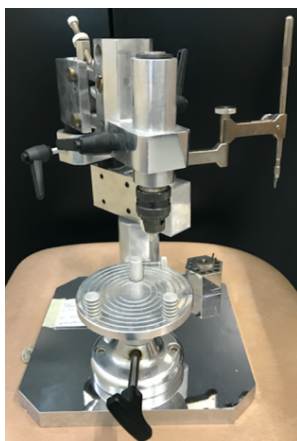
### 3.2.3. Inclusão dos espécimes em resina

Os dentes foram montados sobre agulhas (Dental Needle, sterile, 30G.-0,30x12mm; validade: 02-2021) que se encontravam aderidas com cera colante a uma placa de vidro de forma equidistante, com a ponta perfurante virada para cima (Fig. 11).



**Figura 11:** Montagem dos dentes na placa de vidro. Placa de vidro com as agulhas aderidas com cera colante (A). Espécime montado na agulha inserido pelo ápex (B). Espécimes já com espaçador de cera montados na placa de vidro (C, D).

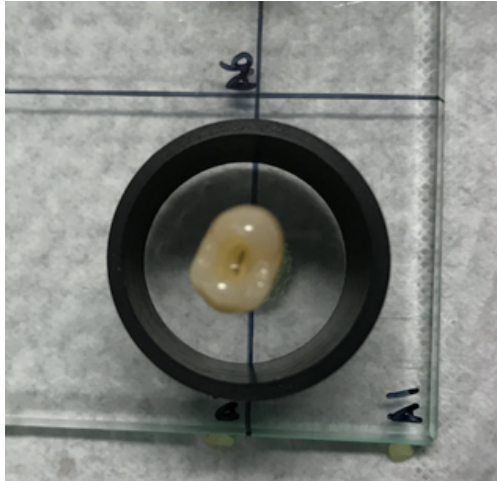
Foi utilizado um analisador de Ney (J. M. Ney Co), de forma a colocar todos os dentes com os eixos paralelos entre si e perpendiculares ao plano horizontal (Ibrahim et al. 2016; Plotino et al. 2017; Mannan et al. 2001) (Fig. 12).



**Figura 12:** Analisador de Ney (J. M. Ney Co).

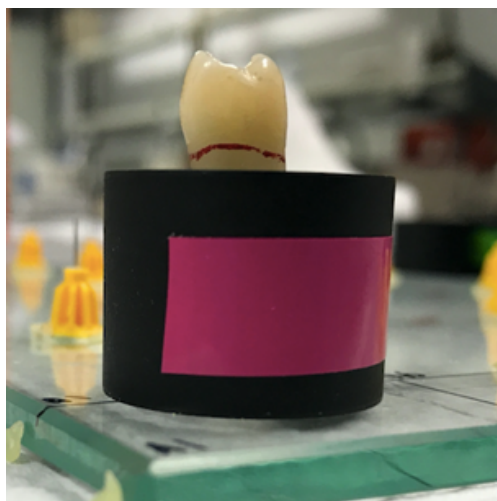
### Comparação da influência da dimensão das aberturas coronárias na resistência à fratura

Matrizes de forma cilíndrica (Buehler Phenolic Ring Forms, PN: 20-8155-100) com 25mm de diâmetro externo, 19mm de altura e 22mm de diâmetro interno foram vaselinadas e colocadas sobre a placa de vidro, em volta de cada dente (Fig. 13).



**Figura 13:** Vista oclusal de dente montado sobre agulha suporte com anel plástico que serviu de matriz para a inclusão em resina acrílica.

O espaço entre o dente e a matriz foi preenchido com resina acrílica autopolimerizável (Vertex. Trayplast Yellow. Cold-curing acrylic resin for custom-built impression trays. Holanda; lote no YN302L04) para a inclusão dos dentes até à altura do limite superior do cilindro, que se encontrava 1-2mm abaixo da JAC (Fig.14).



**Figura 14:** Vista lateral de dente montado sobre agulha com anel plástico que serviu de matriz para a polimerização da resina acrílica.

Durante a polimerização, a placa de vidro com todos os espécimes foram colocados dentro de um recipiente com água, para ajudar na dissipação do calor libertado pela resina acrílica durante o processo de polimerização e evitar a evaporação da cera espaçadora (Trabet et al. 1978; Ibrahim et al. 2016; Plotino et al. 2017; Mannan et al. 2001).

### 3.2.4 Substituição da cera espaçadora por elastômero

Após o final da polimerização da resina acrílica removeram-se os espécimes da placa de vidro e dos cilindros plásticos. Foi observada a distância da resina à JAC e em alguns casos os dentes foram removidos para possibilitar fazer ajustes na face superior do cilindro de resina com recurso a uma lixa 320 montada em um *block* de polimento (3M™ Sanding Block) até atingir a distância de 1mm da JAC. De seguida, todos os dentes foram retirados dos cilindros de resina para ser possível a remoção da cera espaçadora que se encontrava na raiz dos dentes e do interior dos “alvéolos” artificiais de acrílico.

O passo seguinte foi a injeção de um elastômero de polivinil siloxano, normalmente usado para registo oclusal: *Memosil® 2* (Heraus Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha; lote no 405029;) (Fig: 15) dentro de cada alvéolo artificial e colocou-se novamente o dente dentro do mesmo, até a JAC estar 1 a 2mm da resina, após endurecimento do elastômero, o excesso foi cortado o com um bisturi (lâmina 15) colocado paralelo à superfície superior do cilindro. Esta camada de silicone permitiu mimetizar o ligamento periodontal aquando dos testes (Trabet et al. 1978; Ibrahim et al. 2016; Plotino et al. 2017; Mannan et al. 2001; Howe & McKendry 1990; Moore et al. 2016).

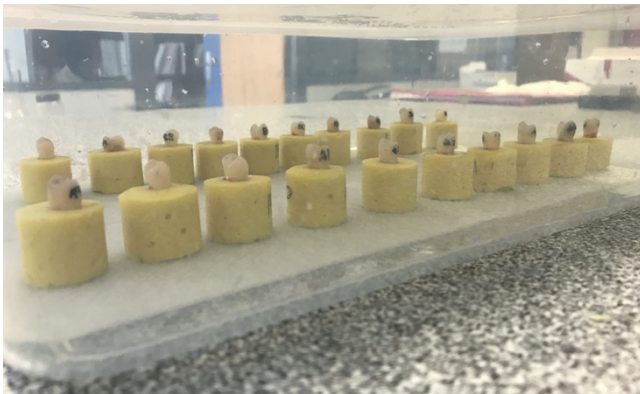
Depois de preparados, os espécimes foram armazenados com humidade relativa de 100% a 37°C em estufa durante 24 horas até serem testados (Fig. 17).



**Figura 15:** *Memosil® 2* (Heraus Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha; lote No 405029).



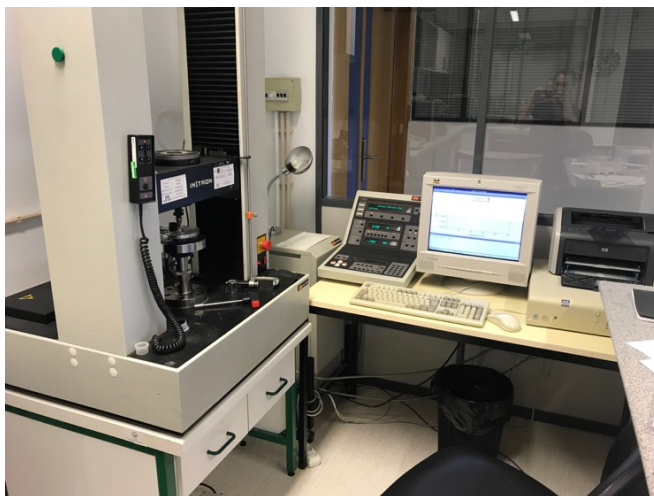
**Figura 16:** Cilindro de resina com espaçamento de silicone.



**Figura 17:** Espécimes armazenados em humidade relativa de 100%.

### ***3.3. Testes de compressão***

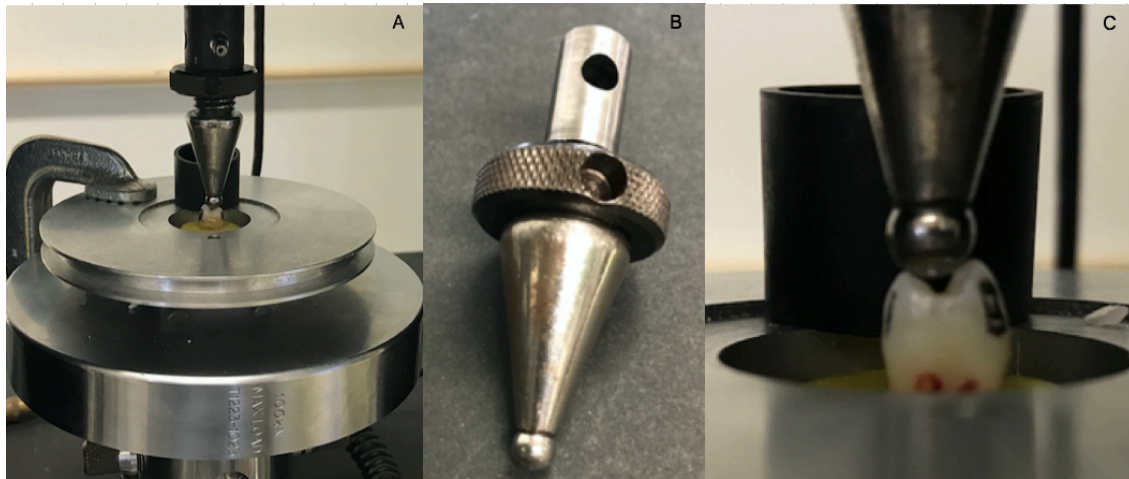
Foram realizados testes de compressão utilizando uma máquina de testes universal (Instron 4500. No: 4502H3307) (Fig. 18).



**Figura 18:** Máquina de testes universal (Instron - 4500).

Os espécimes foram montados num dispositivo customizado (Fig. 19.A) que permitiu fixá-los e centrá-los de forma a que a coroa ficasse centrada com a ponta esférica (diâmetro- 6,28mm) montada no braço móvel e com as vertentes internas das duas cúspides em contacto simultâneo com a ponta esférica (Fig. 19.C).



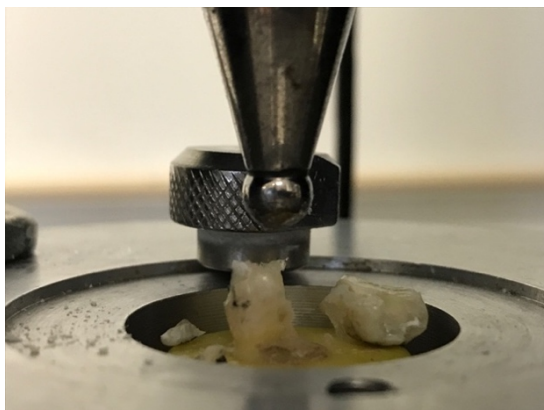


**Figura 19:** Dispositivo adaptado à base da máquina de testes universal (instron 4500) para fixação dos espécimes(A). Ponta esférica de 6,28mm de diâmetro (B). Bola esférica em contacto simultâneo com as duas cúspides do espécime (C).

Foi aplicada uma força de compressão contínua a uma velocidade de 1mm/min até ocorrer a fratura do dente ou a força máxima ser de 1000N (Ibrahim et al. 2016; Krishan et al. 2014) (Fig. 19.A).

A força máxima suportada pelos espécimes foi registada pelo *software* (Instron - Series IX software FAQs) em Newtons (Plotino et al. 2017; Krishan, Paqué, et al. 2014). Quando a fratura não ocorria até um limite de 1000N de carga, o teste era interrompido, e o espécime era catalogado como “não fraturado”.

Os espécimes que sofreram fraturas foram examinados e classificados como “restauráveis” quando as falhas se encontravam acima do nível de simulação óssea (local de fratura cima do cilindro de resina) que se encontrava 1mm abaixo da JAC e “não restauráveis” quando as fraturas se estendiam abaixo do cilindro de resina (Plotino et al. 2017) (Fig.20 e 21).



**Figura 20:** Espécime fraturado após teste de carga de compressão.



**Figura 21:** Espécime fraturado após teste de carga de compressão.

### ***3.4. Análise Estatística***

Os resultados dos testes de resistência à fratura e restaurabilidade foram analisados estatisticamente com um software informático SPSS® (Statistic Package for Social Science; IBM SPSS statistic, versão 24.0)

Foi realizado o cálculo da média dos valores de resistência à fratura e desvio-padrão para cada grupo.

A normalidade da distribuição e homogeneidade da variância foi analisada com os testes Kolmogorov-Smirnov e Levene.

Não se verificando os pressupostos foram utilizados testes não paramétricos de Mann-Whitney, para comparar os valores de resistência à fratura. O teste de Qui-quadrado foi utilizado para a comparação da capacidade de restauração dos dentes, ou restaurabilidade, entre os dois grupos experimentais.

#### 4. Resultados

A partir da medição de todas as dimensões dos espécimes, verificou-se que a diferença entre as médias dos dois grupos quando comparadas, apresentam variações mínimas (Tabela 1).

Médias das Dimensões (mm)	Altura total	Altura cúspide	Mesio-distal	Vestíbulo-palatino
Grupo ACC	20,45	8,10	6,96	9,19
Grupo ACU	20,51	8,01	6,96	9,17

**Tabela 1:** Valores das médias das dimensões dos dois grupos.

Na tabela 2 são apresentados os valores médios, e respectivos desvios padrão, de resistência à fratura para ambos os grupos.

Carga Máxima	Média (N)	Desvio-Padrão (N)
Grupo ACC	647,8 <sup>a</sup>	299,7
Grupo ACU	921,2 <sup>b</sup>	149,9

**Tabela 2:** Valores médios e desvio-padrão de resistência à fratura nos dois grupos experimentais. Letras em *superscript* diferentes significam diferenças estatisticamente significativas.

Segundo o teste não paramétrico de Mann-Whitney foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos experimentais ( $p < 0,05$ ). O grupo B (ACU) apresentou valores de resistência à fratura significativamente mais elevados (média 921,2 N) do que no grupo A (ACC) (média 647,8 N) como indicado na tabela 2.

### Comparação da influência da dimensão das aberturas coronárias na resistência à fratura

O teste de qui-quadrado, indicou diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos ( $p < 0,05$ ). O grupo B (ACU) apresentou valores de restaurabilidade significativamente maiores (20) do que o grupo A (ACC) (8) (tabela 3).

Restaurabilidade	Sim	Não
Grupo A (ACC)	8	12
Grupo B (ACU)	20	0

**Tabela 3:** Número de espécimes que permaneceram restauráveis (“Sim”) ou não restauráveis (“Não”).



## 5. Discussão

O sucesso da manutenção de um dente em função após ser alvo de um tratamento endodôntico é influenciado pela dimensão da abertura coronária. Após uma abertura coronária o dente é significativamente mais fraco do que um dente intacto (Wu et al. 2010). Segundo Mathew & Rajan, um procedimento menos invasivo geralmente parece fornecer um maior grau de previsibilidade (Mathew & Rajan 2014), embora uma menor remoção de estrutura dentária tenha alguns aspetos negativos como a maior dificuldade na visibilidade, instrumentação e obturação dos canais, o aumento da resistência à fratura que o dente suporta, é uma vantagem a ter em conta (Krishan et al. 2014).

Este trabalho laboratorial, teve como principal objetivo avaliar a influência da dimensão da abertura coronária na resistência à fratura de dentes pré-molares, através da aplicação de uma força de carga contínua no sentido ocluso-apical sobre o eixo maior do dente. Foi ainda observada a capacidade de restauração (restaurabilidade) dos espécimes após fratura.

Embora existam sempre limitações ao tentar extrapolar os resultados de um estudo *in vitro* para a prática clínica, neste estudo tentou-se ao máximo aproximar as condições às intraorais, utilizando conceitos de aberturas coronárias aplicáveis à prática clínica, dentes naturais, força aplicada no longo eixo do dente e um material para mimetizar o ligamento periodontal que, segundo Asundi & Kishen, ajuda na distribuição das forças transmitidas ao osso alveolar (Asundi & Kishen 2001). Assim, tal como realizado no estudo de Ibrahim, os espécimes foram examinados com uma lupa para assegurar que se encontravam íntegros e hígidos (livres de cáries, linhas de fratura, fraturas ou restaurações) de forma a que todos os dentes estivessem à partida nas mesmas condições de integridade (Ibrahim et al. 2016). Ainda na tentativa de minimizar a ocorrência de vieses que interferissem nos resultados ou dificultassem a comparação entre os grupos em estudo, todos os procedimentos de preparação dos espécimes foram feitos pelo mesmo operador. A mesma peça de mão refrigerada e brocas (diamantada nº2 e Endo-Z), resina acrílica, elastómero espaçador, e análise de dados, foram comuns a todos os espécimes, à exceção da abertura coronária.

Segundo Wu em 2010, os materiais de restauração provisórios como o IRM ou Cavit são apenas para preenchimento do espaço da câmara pulpar e abertura coronária não impedindo o risco aumentado de fratura sendo que segundo o mesmo autor, apenas

com uma restauração definitiva se consegue melhorar a resistência do dente após o tratamento endodôntico (Wu et al. 2010).

As raízes dos dentes foram recobertas com cera rosa, com o propósito de permitir a manutenção de um espaço uniforme entre a raiz do dente e o cilindro de resina acrílica para posteriormente ser interposto um material com cerca de 0,25mm de espessura com o objetivo de mimetizar o ligamento periodontal do dente (Mannan et al. 2001; Howe & McKendry 1990).

No entanto, surgem sempre variáveis que não são possíveis de ser controladas e que podem influenciar os resultados, como a preparação de dentes sem causar danos térmicos ou mecânicos e as variações individuais de cada dente como a idade, tamanho da câmara pulpar, tempo decorrido após extração e os efeitos desconhecidos das condições de armazenamento até ao momento da coleta dos espécimes a serem testados.

Outra dificuldade sentida durante a preparação do estudo foi o paralelismo entre todos os espécimes, para que a direção da força aplicada durante os testes de compressão fosse o mais semelhante possível em todos os espécimes para facilitar esta etapa utilizou-se um analisador de Ney (J. M. Ney Co) tal como no estudo de Ibrahim em 2016 (Ibrahim et al. 2016).

Na maior parte dos estudos sobre resistência à fratura de dentes com abertura coronária, quando aplicada uma força de compressão, foram utilizados pré-molares (Steele & Johnson 1999; Pradeep et al. 2013; Caron et al. 1996; Krishan et al. 2014). Visto ser um tipo de dente recorrente para este tipo de estudos, optou-se pela escolha de dentes pré-molares superiores, mas também pela facilidade na sua obtenção, uma vez que são dentes muitas vezes extraídos íntegros durante tratamentos ortodônticos, outro motivo é ainda por serem os dentes mais suscetíveis à fratura devido às inclinações das cúspides (Wu et al. 2010).

Quando comparadas as médias de todas as dimensões dos dentes não foi encontrada diferença significativa entre os dois grupos, isto quer dizer que ambos os grupos eram bastante homogêneos em relação às dimensões dos espécimes.

Através da análise dos valores de resistência à fratura em ambos os grupos, verificou-se que uma abertura coronária ultraconservadora (ACU) permitiu aumentar de forma estatisticamente significativa o valor médio de resistência à fratura em relação a uma abertura coronária convencional (ACC). Assim a primeira hipótese nula foi rejeitada, sugerindo que a ACU alcança uma resistência à fratura mais elevada, indicando uma melhoria na resistência do dente à fratura. O que vai de encontro ao referido na literatura,

em que existe uma melhoria da resistência à fratura com a redução do diâmetro da abertura coronária. (Plotino et al. 2017)

Analisando os valores de restaurabilidade após a fratura seguindo o mesmo método de classificação que Plotino et al. 2017, que classificou como “Restauráveis” quando as falhas aconteciam acima do nível de simulação óssea (local de fratura acima da resina acrílica) e “Não Restauráveis” quando as falhas se estendiam abaixo do nível de simulação óssea (local de fratura abaixo da resina acrílica), foi verificado que a restaurabilidade está dependente do tipo de abertura coronária, sendo que todos os espécimes do grupo B (n=20) foram classificados como restauráveis, ao contrário dos espécimes do grupo A em que apenas 8 foram considerados restauráveis. Assim como no estudo de Caron, os resultados obtidos foram submetidos ao teste do qui-quadrado para determinar a significância (Caron et al. 1996). Este indicou que a hipótese nula foi rejeitada, o que pressupõe que a restaurabilidade depende do tipo de abertura coronária, também Plotino et al. 2017 concluiu em seu estudo que as fraturas classificadas como restauráveis foram significativamente em maior número do que as não restauráveis.

Neste estudo, a redução da dimensão da abertura coronária pareceu proporcionar algumas mais-valias para a prática clínica endodôntica, no que respeita à menor perda de estrutura dentária, o que consequentemente leva a uma maior resistência à fratura do dente, bem como uma maior probabilidade de restaurabilidade. Estes resultados parecem apoiar a justificação para a revisão das diretrizes para as aberturas coronárias em pré-molares, focado na conservação da dentina coronal (Plotino et al. 2017).

A Medicina Dentária está a evoluir no sentido da utilização de procedimentos minimamente invasivos. Embora avanços tecnológicos, como a imagem CBCT, os microscópios e os instrumentos de níquel-titânio permitam esse progresso, os clínicos precisam adaptar as suas aptidões para enfrentar o desafio de trabalhar efetivamente em espaços confinados (Krishan et al. 2014).

Esta filosofia minimamente invasiva ainda não está implementada na prática clínica de endodontia. (Krishan et al. 2014) Mas pode ser recomendada, como forma de prevenir fraturas e eventuais perdas dentárias.

São necessários mais estudos que englobem todo o tipo de dentes, com força aplicada não apenas no eixo do dente, mas também simulando os movimentos excêntricos da mandíbula (não axiais), com aplicação de carga cíclica em vez de uma carga contínua

### **Comparação da influência da dimensão das aberturas coronárias na resistência à fratura**

e que analisem outras consequências da utilização de aberturas coronárias ultraconservadoras.

## 6. Conclusões

Dentro das limitações deste estudo *in vitro*, podemos tirar as seguintes conclusões:

1. Os pré-molares com aberturas coronárias ultraconservadoras apresentam resistência à fratura, com cargas de compressão, mais elevada do que os dentes pré-molares com aberturas coronárias convencionais.
2. Nos espécimes do grupo com aberturas coronárias ultraconservadoras, mesmo quando ocorreu fratura, esta foi sempre considerada como restaurável.
3. Os pré-molares com aberturas coronárias convencionais apresentam maior propensão para fraturas não restauráveis, com cargas de compressão, do que os dentes pré-molares com aberturas coronárias ultraconservadoras.



## 7. Referências bibliográficas

- Asundi, A. & Kishen, A., 2001. Advanced digital photoelastic investigations on the tooth-bone interface. *Journal of biomedical optics*, 6(2), pp.224–30.
- Bürklein, S. & Schäfer, E., 2015. Minimally invasive endodontics. *Quintessence internacional*, 46(2), pp.119–124.
- Caron, G.A. et al., 1996. Resistance to fracture of teeth with various preparations for amalgam. *journal of denistry*, 24(6), pp.407–410.
- Carrotte, P., 2005. 21 st Century Endodontics. *internacional dental journal*, 55(3), pp.162–167.
- Clark, D. & Khademi, J., 2010. Modern Molar Endodontic Access and Directed Dentin Conservation. *Dental Clinics of North America*, 54(2), pp.249–273.
- European Society of Endodontology, 2006. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Internacional Endodontic journal*, 39(12), pp.921–30.
- Gluskin, A.H., Peters, C.I. & Peters, O.A., 2014. Minimally invasive endodontics : challenging prevailing paradigms. *British Dental Journal*, 216(6), pp.347–353.
- Hargreaves, K.M., Cohen, S. & Berman, L.H., 2011. *Cohen's pathways of the pulp* 10th ed., St Louis, Mo: Mosby Elsevier.
- Howe, C.A. & McKendry, D.J., 1990. Effect of Endodontic Access Preparation on Resistance to Crown-Root Fracture. *The Journal of the American Dental Association*, 121(6), pp.712–715.
- Ibrahim, A.M.B.R., Richards, L.C. & Berekally, T.L., 2016. Effect of remaining tooth structure on the fracture resistance of endodontically-treated maxillary premolars: An in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(3), pp.290–295.
- Ingle, J.I. & Leif K.B., 2002. *Endodontic cavity preparation* 6th ed., London, Mo: BC Decker. Inc.
- Jensen, A., Abbott, P. V & Salgado, J.C., 2007. Interim and temporary restoration of teeth during endodontic treatment. *Australian Dental Journal Supplement*, 52(1), pp.83–99.
- Kishen, A., 2006. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endodontic Topics*, 13(1), pp.57–83.

- Krishan, R., Paqué, F., et al., 2014. Impacts of Conservative Endodontic Cavity on Root Canal Instrumentation Efficacy and Resistance to Fracture Assessed in Incisors, Premolars, and Molars. *Journal of Endodontics*, 40(8), pp.1160–1166.
- Lindhe, J., Lang N.P. & Karring T. 2010. Tratamento de periodontologia Clínica e implantologia Oral 5th ed., Guanabara, Mo: Guanabara Koogan.
- Mannan, G., Smallwood, E.R. & Gulabivala, K., 2001. Effect of access cavity location and design on degree and distribution of instrumented root canal surface in maxillary anterior teeth. *Internacional Endodontic Journal*, 34, pp.176–183.
- Mathew, S.T. & Rajan, J.S., 2014. Minimally invasive endodontics. *Journal of Dentistry and Oral Hygiene*, 6(4), pp.36–38.
- Moore, B., Verdelis K., Kishen A., Dao T., Friedman S., 2016. Impacts of contracted endodontic cavities on instrumentation efficacy and biomechanical responses in maxillary molars. *Journal of Endodontics*, 42(12), pp.1779-1783.
- Murdoch-Kinch, M.E.M., 2003. Minimally invasive dentistry. *The Journal of the American Dental Association*, 134(1), pp.87–95.
- Patel, S. & Rhodes, J., 2007. A practical guide to endodontic access cavity preparation in molar teeth. *British Dental Journal*, 203(3), pp.133–140.
- Plotino, G. et al., 2017. Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth with Different Access Cavity Designs. *Journal of Endodontics*, 43(6), pp.995–1000.
- Pradeep, P.R. et al., 2013. Fracture strength of endodontically treated premolars : An In-vitro evaluation. *Journal of Internacional Oral Health*, 5(6), pp.9–17.
- Steele, A. & Johnson, B.R., 1999. In Vitro Fracture Strength of Endodontically Treated Premolars. *Journal of Endodontics*, 25(1), pp.6–8.
- Touré, B. et al., 2011. Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: A prospective study. *Journal of Endodontics*, 37(11), pp.1512–1515.
- Trabet K, Caput A, A.-R.M., 1978. Tooth Fracture-A Comparison of Endodontic and Restorative Treatments. *Journal of Endodontics*, 4(11), pp.361–365.
- Wu, Y., Cathro, P. & Marino, V., 2010. Fracture resistance and pattern of the upper premolars with obturated canals and restored endodontic occlusal access cavities. *Journal of Biomedical Research*, 24(6), pp.474–478.
- Yuan, K. et al., 2016. Comparative evaluation of the impact of minimally invasive preparation vs. conventional straight-line preparation on tooth biomechanics: a finite element analysis. *European Journal of Oral Sciences*, 124(6), pp.591–596.



Zehnder, M.S. et al., 2016. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *International Endodontic Journal*, 49(10), pp.966–972.



## Anexo A– Tabelas

**Tabela A.1** – Análise descritiva dos dados obtidos após teste de resistência à fratura com forças de compressão.

Descriptives					
Abertura_coronaria		Statistic		Std. Error	
Carga_max	Convencional	Mean		647,7550	67,00738
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	507,5069	
			Upper Bound	788,0031	
		5% Trimmed Mean		650,3944	
		Median		595,0000	
		Variance		89799,783	
		Std. Deviation		299,66612	
		Minimum		248,00	
		Maximum		1000,00	
		Range		752,00	
		Interquartile Range		652,50	
		Skewness		,068	,512
		Kurtosis		-1,807	,992
	Ninja	Mean		921,1500	33,54065
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	850,9486	
			Upper Bound	991,3514	
		5% Trimmed Mean		940,9444	
		Median		1000,0000	
		Variance		22499,503	
		Std. Deviation		149,99834	
		Minimum		486,00	
		Maximum		1000,00	
		Range		514,00	
		Interquartile Range		90,25	
		Skewness		-2,091	,512
		Kurtosis		3,598	,992

**Tabela A.2:** Número de espécimes em cada grupo experimental que foram considerados restauráveis “Sim” ou não restauráveis “Não”.

		Restauravel		Total
		sim	não	
Abertura_coronaria	Convencional	8	12	20
	Ninja	20	0	20
Total		28	12	40

**Tabela A.3** – Testes Kolmogorov-Smirnov para avaliação de normalidade de distribuição dos dados.

Tests of Normality						
	Abertura_coronaria	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk	
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df
Carga_max	Convencional	,189	20	,059	,837	20
	Ninja	,350	20	,000	,609	20

Tests of Normality		
	Abertura_coronaria	Shapiro-Sig.
		Sig.
Carga_max	Convencional	,003
	Ninja	,000

a. Lilliefors Significance Correction

**Tabela A.4** – Testes de Levene para avaliação de homogeneidade da variância.

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Carga_max	Based on Mean	21,784	1	38	,000
	Based on Median	18,011	1	38	,000
	Based on Median and with adjusted df	18,011	1	37,330	,000
	Based on trimmed mean	22,311	1	38	,000

**Tabela A.5** – Teste de Mann-Whitney para análise dos valores de resistência à fratura nos dois grupos.

Test Statistics <sup>a</sup>	
	Carga_max
Mann-Whitney U	98,000
Wilcoxon W	308,000
Z	-2,920
Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,005 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Abertura\_coronaria

b. Not corrected for ties.

## Comparação da influência da dimensão das aberturas coronárias na resistência à fratura

**Tabela A.6** – Teste de Qui-quadrado para comparação da restaurabilidade entre grupos experimentais.

<b>Chi-Square Tests</b>					
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)
Pearson Chi-Square	17,143 <sup>a</sup>	1	,000		
Continuity Correction <sup>b</sup>	14,405	1	,000		
Likelihood Ratio	21,949	1	,000		
Fisher's Exact Test				,000	,000
Linear-by-Linear Association	16,714	1	,000		
N of Valid Cases	40				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 6,00.

b. Computed only for a 2x2 table